

# **CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE PAU-ROSA (*Aniba rosaeodora* Ducke) ORIUNDAS DE TRÊS PROCEDÊNCIAS, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO, EM CONDIÇÕES DE VIVEIRO<sup>1</sup>**

**Leonilde dos Santos ROSA<sup>2</sup>  
Tatiana Deane de Abreu SÁ<sup>3</sup>  
Selma Toyoko OHASHI<sup>4</sup>  
Paulo Luis Contente de BARROS<sup>5</sup>  
Andre José Vieira SILVA<sup>6</sup>**

**RESUMO:** A pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento inicial de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), submetidas a diferentes níveis de sombreamento: 0%, 30%, 50%, e 70%, em condições de viveiro. Foram utilizadas mudas oriundas de regeneração natural, coletadas em três procedências: Manicoré, Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) e Curuá-Una. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Os resultados encontrados mostraram que o crescimento inicial em altura, diâmetro do colo, área foliar, número de folhas, bem como os padrões de alocação de biomassa, variaram sensivelmente em função do sombreamento. O crescimento do pau-rosa a 50% de sombreamento foi superior, quando comparado com os demais níveis de sombreamento. Entretanto, sob 0% de sombreamento, a espécie apresentou crescimento reduzido. O percentual de sobrevivência em todas as três procedências de pau-rosa (Manicoré, 65,2%, FLONA 62,1% e Curuá-Una 55,6%) foi menor a 0% de sombreamento, do que nos demais níveis de sombreamento. Estes resultados preliminares indicam que o pau-rosa, na fase juvenil, não tolera ambientes abertos (pleno Sol), estando mais adaptado a ambientes sombreados, apresentando, portanto, características de espécie tolerante.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Regeneração Natural, Pau-rosa, Procedências, Sombreamento, Crescimento, Sobrevivência.

<sup>1</sup> Aprovado em 3 de junho de 1998.

<sup>2</sup> Engenheira Florestal, M. Sc. Professora Assistente da FCAP.

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Dra. Pesquisadora da EMBRAPA/CPATU.

<sup>4</sup> Engenheira Florestal, M. Sc. Professora Adjunta da FCAP.

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Professor Adjunto da FCAP.

<sup>6</sup> Estagiário do Subprojeto *Aniba rosaeodora* /FCAP.

## **GROWTH AND SURVIVAL OF ROSEWOOD (*Aniba rosaeodora* Ducke) SEEDLINGS, FROM THREE PROVENANCES, UNDER DIFFERENT LEVELS OF SHADING, IN NURSERY CONDITIONS**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the initial behavior of *Aniba rosaeodora* Ducke (rosewood), under different shading conditions. Seedlings of rosewood from natural regeneration were kept in shade houses installed in nursery conditions, at 0%, 30%, 50%, 70% of shading, during ten months. The experiment design was carried out in a randomized complete block, in split-plot, with three replicates, where the shading conditions were the principal factor and the three provenances of rosewood (Manicoré, Floresta Nacional do Tapajós-FLONA and Curuá-Una) were the secondary factor. It was found that the growth (stem height, diameter, leaf area, number of leaves) and biomass allocation patterns, varied sensibly in response to shading. This species showed superior growth at 50% of shading, in relation to another shade conditions. On the other hand, the survival decreased with increasing in light intensity. Under 0% of shading, for example, the survival was 65,2% for seedling from Manicoré, 62,1% for FLONA and 55,6% for Curuá-Una. These preliminary results indicated that during the juvenile phase, the *A. rosaeodora*, showed characteristics of tolerant species.

**INDEX TERMS:** Natural Regeneration, Rosewood, Provenance, Shading, Growth, Survival.

### **1 - INTRODUÇÃO**

Atualmente, na Região Amazônica, várias espécies arbóreas de valor econômico estão sendo consideradas extintas ou em vias de extinção, em decorrência da exploração madeireira desordenada. Este fato se torna ainda mais grave, na medida em que as informações sobre a auto-ecologia destas espécies praticamente inexistem, colocando em risco os programas de domesticação.

Devido a esses fatos, várias espécies florestais foram consideradas prioritárias para conservação genética, dentre elas encontra-se a Lauraceae *Aniba rosaeodora* Ducke, uma espécie de uso múltiplo, nativa da Região Amazônica, conhecida vulgarmente como pau-rosa.

O valor econômico dessa Lauraceae está relacionado à produção de óleo essencial rico em linalol, largamente utilizado na indústria de perfumaria. A obtenção do óleo é feita por meio da destilação da madeira, o que implica na derrubada de árvores adultas, dificultando o conhecimento da biologia e das exigências ecológicas nas áreas de ocorrência natural da espécie.

Com base nestas considerações, o presente trabalho tem como objetivo identificar condições de luminosidade adequadas ao desenvolvimento do pau-rosa na fase juvenil e, simultaneamente, avaliar as possíveis variações no crescimento inicial das mudas provenientes de diferentes procedências. Foram testados, em condições de viveiro, quatro níveis de sombreamento: 0%, 30%, 50%, 70% e três procedências de mudas de pau-rosa: Manicoré, FLONA e Curuá-Una, nas quais foram estudadas sobrevivência e variáveis de crescimento, tais como: altura total, diâmetro do colo, área foliar e produção de matéria seca.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no viveiro do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará em Belém (1°28' 0" S, 48°27' 0" W) e teve a duração de 10 meses, com início em abril de 1994 e término em fevereiro de 1995.

Foram utilizadas mudas com altura de, aproximadamente, 11 cm, oriundas de regeneração natural, coletadas em três locais: FLONA (Floresta Nacional do Tapajós), Estação Experimental de Curuá-Una e Manicoré, sendo os dois primeiros situados no Estado do Pará e o último no Estado do Amazonas. Após serem selecionadas em função do tamanho e vigor, as mudas sofreram uma redução de 40% da área foliar. Posteriormente, foram colocadas em sacos plásticos de 17 cm de diâmetro por 25 cm de altura, contendo terra preta e esterco de galinha curtido, na proporção de 3:1 e deixadas no viveiro por, aproximadamente, 15 meses, incluindo o período experimental.

O delineamento experimental utilizado na pesquisa foi blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições. Os quatro níveis de

sombreamento testados: 0%, 30%, 50% e 70% constituíram as parcelas, e as três procedências: Curuá-Una, Floresta Nacional do Tapajos - FLONA e Manicoré, as subparcelas. Os parâmetros analisados foram os seguintes: percentual de sobrevivência, produção de matéria seca aérea e radicular, altura total, diâmetro do colo, número de folhas e área foliar.

Foram consideradas como vivas todas as plantas que apresentaram o caule com coloração esverdeada, com ou sem folhas. O percentual de sobrevivência, o número de folhas e a produção de matéria seca aérea e radicular foram avaliados ao final do período experimental. Os dados de crescimento da área foliar, altura total e o diâmetro do colo foram avaliados quinzenalmente. A altura total foi obtida considerando-se desde a base até a inserção da última folha. A área foliar foi estimada através do método de fator de correção (BENINCASA, 1988). Para as mudas de pau-rosa o fator de correção (F) calculado foi de 0,66 (ROSA, 1996).

Os dados resultantes do estudo de crescimento foram transformados em logarítimo neperiano e analisados através de análise de variância e regressão linear simples.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 - SOBREVIVÊNCIA**

As mudas de pau-rosa apresentaram maior sobrevivência a 50% e menor sobrevivência a 0% de sombreamento (Tabela 1). Observa-se que a 50% de sombreamento o percentual de 97,7% de sobrevivência das mudas oriundas de Manicoré foi superior aos da FLONA e de Curuá-Una, as quais apresentaram os percentuais de 95,3% e 88,9%, respectivamente. Já a 0% de sombreamento, ou seja, a pleno Sol, as mudas oriundas de Curuá-Una apresentaram o menor percentual de sobrevivência no valor de 55,6%, seguidas de FLONA com 62,1 % e Manicoré 65,2 %.



Tabela 1 - Sobrevivência de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências, submetidas a diferentes níveis de sombreamento, após 10 meses de observação.

Procedências	Sombreamento	Sobrevivência (%)
Manicoré	0%	65,2
	30%	81,2
	50%	97,7
	70%	82,4
FLONA	0%	62,1
	30%	81,7
	50%	95,3
	70%	80,2
Curuá-Una	0%	55,6
	30%	83,3
	50%	88,9
	70%	88,7

A alta mortalidade do pau-rosa verificada a 0% de sombreamento, mesmo considerando-se como vivas as mudas totalmente sem folhas, é um indício de que a espécie, na fase juvenil, não se adapta às condições de pleno Sol. No tratamento 0% de sombreamento, apesar das mudas sofrerem irrigações diárias durante o período seco, após quatro semanas de observações as mudas já demonstravam alguns sinais de estresse, apresentando-se cloróticas e com perda parcial de folhas.

Os resultados de sobrevivência do pau-rosa verificados na pesquisa, apesar de terem sido obtidos em condições de viveiro, demonstram estar de acordo com os resultados encontrados por MITJA & LESCURE (1993), que consideram o pau-rosa como uma espécie aparentemente tolerante à sombra, capaz de apresentar um alto índice de mortalidade na fase juvenil se não forem dadas condições ideais de luminosidade. Altas taxas de mortalidade a pleno Sol na fase jovem, também foram encontrados para outras espécies florestais como, *Prunus brasiliensis* (STURION, 1980), *Ocotea porosa* (STURION & IEDE, 1982) e *Goupia glabra* (DANIEL et al, 1994).

### 3.2 - ALTURA

No final do período experimental, ou seja, 42 semanas após a instalação do experimento, as mudas da espécie *Aniba rosaeodora*, com exceção das de Curuá-Una, apresentaram os maiores valores médios em altura quando submetidas a 50% de sombreamento, enquanto que o menor crescimento em altura foi verificado a 0% de sombreamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Crescimento em altura, de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em função dos diferentes níveis de sombreamento, após 42 semanas de observação.

Procedências	Níveis de sombreamento	Altura (cm)
Manicoré	0%	16,13±0,33
	30%	21,22±0,21
	50%	22,85±0,41
	70%	19,30±0,99
FLONA	0%	14,93±0,12
	30%	15,22±0,40
	50%	27,30±1,56
	70%	17,20±0,21
Curuá-una	0%	15,03±0,62
	30%	17,58±0,69
	50%	21,68±0,77
	70%	21,90±0,48

Nota: os valores constantes na coluna Altura correspondem à média ± erro padrão.

Os resultados da análise de variância para altura final evidenciaram diferenças significativas a 1% de probabilidade, tanto para os níveis de sombreamento quanto para a interação desses com as procedências. O teste de comparação de médias (Tabela 3) demonstrou que as mudas de pau-rosa responderam favoravelmente ao sombreamento, com o crescimento em altura sendo maior ao nível de 50%, independentemente da procedência.

Tabela 3 - Teste de comparação de médias da variável altura, para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Altura (cm)
50%	23,94 a
70%	19,60 b
30%	17,92 c
0%	15,35 d

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados da análise de regressão linear simples, para a altura final em função dos níveis de sombreamento. Nota-se que, para as mudas oriundas de Curuá-Una, o valor do teste F da análise de regressão foi altamente significativo a 1% de probabilidade, indicando que, neste caso, houve um bom ajuste do modelo linear testado. Já para as mudas coletadas em Manicoré e FLONA, os coeficientes de determinação encontrados foram muito baixos, indicando que para essas procedências a taxa de crescimento em altura não respondeu linearmente ao sombreamento.

Tabela 4 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ) entre a altura final e os diferentes níveis de sombreamento, para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) coletadas em três locais.

Procedências	r <sup>2</sup>	Teste F	Parâmetro a	Parâmetro b
Manicoré	0,25	NS	2,86789	0,00298275
FLONA	0,18	NS	2,71974	0,00482043
Curuá-Una	0,83	**	2,71273	0,00586948

Nota: r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\*P<0,01; NS: não significante.

Estes resultados tornam-se mais evidentes ao examinar-se novamente a Tabela 2, na qual se observa que o crescimento em altura para as mudas obtidas em Curuá-Una aumentou à medida em que se elevou o nível de sombreamento, o que não ocorreu para as mudas de Manicorê e FLONA.

Analisando-se o crescimento em altura em função do tempo conforme mostra a Tabela 5, observa-se que os os valores do teste F da análise de regressão para as três procedências foram significativos a 1% de probabilidade, o que indica que o logaritmo neperiano da altura apresenta uma relação linear com o tempo.

Tabela 5 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ) para o crescimento em altura em função do tempo (semanas), em procedências de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a 4 níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento		Procedências		
		Manicorê	FLONA	Curuá-Una
0%	$r^2$	0,94	0,89	0,97
	a	2,31977	2,24569	2,11398
	b	0,0126743	0,0124257	0,0155465
	F	**	**	**
30%	$r^2$	0,96	0,97	0,95
	a	2,46258	2,22354	2,24602
	b	0,0159825	0,0128828	0,0164994
	F	**	**	**
50%	$r^2$	0,93	0,94	0,90
	a	2,52290	2,55397	2,39191
	b	0,0166972	0,0203868	0,0189990
	F	**	**	**
70%	$r^2$	0,94	0,96	0,90
	a	2,33333	2,29996	2,48153
	b	0,0161468	0,0151643	0,0151688
	F	**	**	**

Nota:  $r^2$ : coeficiente de determinação; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; F: Teste de significância; \*\* $P < 0.01$ .

O pau-rosa na fase juvenil, mesmo em condições ambientais desfavoráveis, como é o caso de 0% de sombreamento, pode crescer em altura até um determinado momento, todavia, se estas condições não forem revertidas, é provável que ocorra uma alta taxa de mortalidade, uma vez que, sob condições de radiação solar muito intensa, as plantas, de um modo geral, tendem a apresentar uma elevação na temperatura das folhas, bem como um aumento na taxa transpiratória e, como consequência, ocorre o fechamento dos estômatos e a redução na fixação de carbono, provocando um aumento no consumo de fotoassimilados, podendo até ocorrer fotooxidação (KOZLOWSKI et al, 1991).

Pesquisas realizadas com outras espécies arbóreas em diferentes níveis de sombreamento (ENGEL & POGGIANI, 1990; REIS et al, 1994) têm demonstrado que, a pleno Sol, essas espécies tendem a apresentar uma redução do crescimento em altura. Todavia, em mudas de *Eucalyptus grandis* (GOMES et al, 1979), *Dipteryx panamensis* (FETCHER et al, 1983), *Eperua bijuga* (FAÇANHA & VARELA, 1987) e *Platycymus regnelli* (SCALON & ALVARENGA, 1993), o sombreamento não influenciou no crescimento em altura. Estes resultados indicam que as espécies arbóreas quando submetidas a diferentes níveis de sombreamento, na fase inicial de desenvolvimento, apresentam estratégias adaptativas diferenciadas.

### 3.3 - DIÂMETRO DO COLO

O diâmetro final do colo das mudas de pau-rosa de todas as três procedências foi maior a 50% de sombreamento e menor a pleno Sol (Tabela 6). Observa-se, porém, que sob 70% de sombreamento as mudas apresentaram redução no crescimento em diâmetro, indicando que o pau-rosa, apesar de se comportar como uma espécie tolerante na fase inicial de desenvolvimento, não responde favoravelmente a sombreamentos muito intensos.

Tabela 6 - Crescimento em diâmetro em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em função dos diferentes níveis de sombreamento, após 42 semanas de observação.

Procedências	Níveis de sombreamento	Diâmetro (cm)
Manicoré	0%	0,44±0,009
	30%	0,55±0,010
	50%	0,60±0,006
	70%	0,58±0,013
FLONA	0%	0,46±0,022
	30%	0,45±0,012
	50%	0,78±0,012
	70%	0,50±0,027
Curuá-Una	0%	0,42±0,010
	30%	0,60±0,028
	50%	0,65±0,006
	70%	0,58±0,020

Nota: os valores constantes na coluna Diâmetro correspondem à média ± erro padrão.

A análise de variância para o diâmetro do colo apresentou diferenças significativas a 1% de probabilidade, tanto para os níveis de sombreamento quanto para a interação desses com as procedências. Entretanto, analisando-se o resultado do teste de comparação de médias para o diâmetro nos diferentes níveis de sombreamento (Tabela 7), observa-se que o pau-rosa apresentou maior crescimento médio em diâmetro sob 50% de sombreamento e o menor sob 0% de sombreamento. Já os níveis de 30% e 70% de sombreamento não apresentaram diferenças significativas entre si em termos de diâmetro do colo.

Tabela 7 - Teste de comparação de médias da variável diâmetro, para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Diâmetro (cm)
50%	0,67a
70%	0,55b
30%	0,53b
0%	0,44c

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Os valores finais de diâmetro também foram analisados através de regressão linear (Tabela 8). Observa-se que para Manicoré e Curuá, os valores do coeficiente de determinação foram relativamente altos indicando que, para esses dois locais, o modelo de regressão linear  $\ln y = a + b(x)$  explicou de forma satisfatória o crescimento em diâmetro em função do sombreamento.

Tabela 8 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ), entre o diâmetro final e os diferentes níveis de sombreamento, para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências.

Procedências	r <sup>2</sup>	F	Parâmetro a	Parâmetro b
Manicoré	0,76	**	-0,770993	0,00414362
FLONA	0,09	NS	-0,773616	0,00372600
Curuá-Una	0,51	**	-0,773546	0,00494613

Nota: r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\*P<0,01, NS: não significante

No caso das mudas coletadas na FLONA, verifica-se que não houve um bom ajuste ao modelo linear testado, uma vez que o coeficiente de determinação foi muito baixo o que equivale a dizer que, para essa procedência, o crescimento em diâmetro não aumentou na forma linear à medida em que o sombreamento foi intensificado, conforme pode ser observado na Tabela 6.

A análise de regressão do crescimento em diâmetro em função do tempo para as três procedências indicou um bom ajuste ao modelo linear utilizado (Tabela 9), o que leva à conclusão de que o crescimento em diâmetro ao longo do período experimental foi fortemente influenciado pelo sombreamento.

Tabela 9 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ) do crescimento em diâmetro em função do tempo (semanas), para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências.

Níveis de sombreamento		Procedências		
		Manicoré	FLONA	Curuá-Una
0%	r <sup>2</sup>	0,96	0,95	0,92
	F	**	**	**
	a	-1,2496	-1,16268	-1,20346
	b	0,0116637	0,00998423	0,00903985
30%	r <sup>2</sup>	0,97	0,76	0,61
	F	**	**	**
	a	-1,18732	-1,12399	-0,0994122
	b	0,0145417	0,0100934	0,0136812
50%	r <sup>2</sup>	0,98	0,90	0,95
	F	**	**	**
	a	-1,17560	-0,089259	-1,15037
	b	0,0154571	0,0163255	0,0195492
70%	r <sup>2</sup>	0,96	0,96	0,95
	F	**	**	**
	a	-1,136271	-1,33589	-1,20862
	b	0,0204037	0,0160451	0,0145225

Nota: r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; F: Teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\*P<0.01.

Estudos recentes realizados com outras espécies arbóreas têm demonstrado que na fase juvenil a taxa de crescimento em diâmetro pode ser ou não favorecida pelo sombreamento. Mudas de *Amburana cearensis* (ENGEL, 1989), por exemplo, apresentaram maior taxa de crescimento em diâmetro sob níveis de sombra mais intensos (41% a 82% de sombreamento).



POGGIANI et al, (1992) observaram que mudas de *Albizzia lebbbeck*, *Piptadenia rigida* e *Shizolobium parayba* apresentaram uma redução no crescimento em diâmetro sob 80% de sombreamento.

De acordo com KOZLOWSKI (1962), o crescimento em diâmetro das plantas mantém uma relação mais direta com a fotossíntese do que o crescimento em altura, portanto, depende de um balanço favorável entre a fotossíntese líquida e a respiração.

3.4 - ÁREA FOLIAR

O efeito dos diferentes níveis de sombreamento sobre a área foliar do pau-rosa no final do período experimental é apresentado na Tabela 10. Verifica-se que, em todas as três procedências, a área foliar foi bastante reduzida a pleno Sol, variando em média de 4,29 cm<sup>2</sup> a 6,01cm<sup>2</sup> por planta. Entretanto, os maiores valores de área foliar foram obtidos sob 50% e 70% de sombreamento, respectivamente, 35,08 cm<sup>2</sup> e 25,60 cm<sup>2</sup>.

Tabela 10 - Área foliar, após 42 semanas de observação, de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) coletadas em três locais e submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Procedências	Níveis de sombreamento	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Manicoré	0%	6,01±0,080
	30%	16,72±1,809
	50%	21,14±0,998
	70%	21,43±0,537
FLONA	0%	4,29±0,144
	30%	10,43±0,027
	50%	35,08±0,618
	70%	23,96±0,321
Curuá-Una	0%	5,16±0,909
	30%	25,02±1,335
	50%	25,06±0,046
	70%	25,60±1,946

Nota: os valores numéricos constantes da coluna área foliar correspondem à média ± erro padrão.

Os resultados da análise de variância para a área foliar apresentaram diferenças significativas para os níveis de sombreamento, procedências, assim como para a interação entre esses dois fatores. Os resultados do teste de comparação de médias para os níveis de sombreamento e para procedências das mudas de pau-rosa são apresentados, respectivamente, nas Tabela 11 e 12.

Tabela 11 - Teste comparação de média para a variável área foliar em mudas de pau-rosa (*A. rosaeodora* Ducke), submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
50%	27,07a
70%	23,72b
30%	17,40c
0%	5,15d

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 11, que a maior média de área foliar, independente da procedência, foi obtida sob 50% de sombreamento. Nota-se, ainda, que a área foliar do pau-rosa a pleno Sol foi menor quando comparada com os demais níveis de sombreamento.

No caso das procedências, verifica-se na Tabela 12, que independentemente do nível de sombreamento, a maior área foliar ocorreu nas mudas coletadas em Curuá-Una e a menor área nas mudas oriundas de Manicoré.

Tabela 12 - Teste de comparação de médias para a variável área foliar em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) coletadas em três procedências.

Procedências	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Curuá-Una	20,25 a
FLONA	18,43 b
Manicoré	16,32 c

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Os resultados da análise de regressão entre a área foliar e os níveis de sombreamento no final do período experimental são apresentados na Tabela 13. Verifica-se que os valores do teste F da análise de regressão para as três procedências de pau-rosa foram significativos a 1% de probabilidade, indicando um bom ajuste ao modelo utilizado. Significa dizer, portanto, que os níveis de sombreamento afetaram consideravelmente a área foliar do pau-rosa.

Tabela 13 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ) entre a área foliar final e os níveis de sombreamento, em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) coletadas em três procedências, após 42 semanas de observação.

Procedências	r <sup>2</sup>	F	Parâmetro a	Parâmetro b
Manicoré	0,80	**	1,98816	0,0184167
FLONA	0,79	**	1,57664	0,0280706
Curua-Una	0,65	**	1,96927	0,0227378

Nota: r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\* P < 0,01.

Na Tabela 14 são apresentados os resultados da análise de regressão para a variável área foliar em função do tempo. Observa-se que os coeficientes de determinação em todas as três procedências e níveis de sombreamento foram altos, indicando um bom ajuste dos dados ao modelo de regressão utilizado.

Tabela 14 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ), entre a área foliar e o tempo (semanas), para mudas de três procedências de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento		Procedências		
		Manicoré	FLONA	Curuá-Una
0%	r <sup>2</sup>	0,96	0,91	0,80
	F	**	**	**
	a	2,05527	2,497888	2,35693
	b	-0,00706178	-0,0232779	-0,0223081
30%	r <sup>2</sup>	0,97	0,82	0,95
	F	**	**	**
	a	2,37075	2,52443	2,71262
	b	0,0113423	-0,008659	0,0139824
50%	r <sup>2</sup>	0,93	0,61	0,85
	F	**	**	**
	a	2,46742	3,11262	2,56186
	b	0,0164906	0,0138821	0,0186034
70%	r <sup>2</sup>	0,96	0,91	0,96
	F	**	**	**
	a	2,55658	2,58886	2,61465
	b	0,0130125	0,0123875	0,0148933

Nota: r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\* P<0,01.

Pesquisas realizadas em condições semicontroladas, ou seja a nível de viveiro, têm evidenciado que durante a fase juvenil a área foliar de muitas espécies arbóreas também tendem, até certo ponto, a responder de forma favorável ao aumento no nível de sombreamento. Em mudas de *Quercus robur*, uma espécie arbórea de florestas temperadas, ZIEGENHAGEN & KAUSCH (1995) observaram que o sombreamento interferiu de forma positiva, aumentando a área foliar e, conseqüentemente, a produtividade. Resultados similares foram encontrados por DRUMOND & LIMA (1993), nos estudos sobre o efeito do sombreamento na produção de mudas de *Leucaena leucocephala* e *Amburana cearensis*, as quais apresentaram aumento de área foliar, à medida em que o sombreamento tornou-se mais intenso.

3.5 - NÚMERO DE FOLHAS

Na Tabela 15 são apresentados os resultados do número médio final de folhas de mudas de pau-rosa. Nota-se que o número médio de folhas após 42 semanas de observação foi menor sob alta intensidade luminosa, isto é, a 0% e 30% de sombreamento e maior a 50% e 70% de sombreamento

Tabela 15 - Número médio final de folhas de mudas de pau-rosa (*A. rosaeodora* Ducke) coletadas em três locais e submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Procedências	Níveis de Sombreamento	Número médio final de folhas
Manicoré	0%	6,27±0,088
	30%	6,53±0,176
	50%	8,94±0,872
	70%	8,13±0,145
FLONA	0%	4,95±3,450
	30%	6,55±0,799
	50%	17,67±0,882
	70%	7,67±2,100
Curuá-Una	0%	3,03±0,636
	30%	5,72±1,346
	50%	13,20±0,503
	70%	10,94±0,973

Nota: os valores numéricos constantes da coluna número médio final de folhas corresponde à média ± erro padrão.

A variação do número médio de folhas tem sido observada também em indivíduos jovens de outras espécies arbóreas quando submetidas a diferentes condições de sombreamento. Em mudas de *Quercus petraea* , por exemplo, o aumento do número de folhas foi maior sob condições de alta intensidade luminosa (IGBOANUGO, 1990).

A análise da variância para o número médio final de folhas de pau-rosa mostrou diferenças significativas a 1% de probabilidade apenas para o sombreamento e para a interação desse com o fator procedência. A comparação das médias pelo teste de Newman Keuls (Tabela 16) revelou que o maior valor médio do número de folhas ocorreu a 50% de sombreamento e o menor a 0% de sombreamento, respectivamente, 13,26 folhas 4,75 folhas.

Tabela 16 - Teste de comparação de médias para o número final de folhas em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Número Médio final de folhas
50%	13,27a
70%	8,91b
30%	6,26bc
0%	4,75c

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Na Tabela 17 são apresentados os resultados da análise de regressão linear para o número médio final de folhas em função dos níveis de sombreamento, nas três procedências estudadas. Verifica-se que apenas o coeficiente de determinação para a FLONA foi muito baixo, indicando que o modelo linear não foi adequado. Portanto, a elevação do nível de sombreamento implicou no aumento do número de folhas apenas para as mudas procedentes de Manicoré e Curuá-Una.

Tabela 17 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ) entre o número folhas e os níveis de sombreamento, em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências, após 42 semanas de observação.

Procedências	$r^2$	F	Parâmetro a	Parâmetro b
Manicoré	0,52	**	1,822197	0,004669
FLONA	0,06	NS	1,90474	0,0061
Curuá-Una	0,70	**	1,12810	0,00494613

Nota:  $r^2$ : coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\* $P < 0,01$ , NS: não significante.

### 3.6 - PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA

Na Tabela 18 são apresentados os resultados da produção e a distribuição da matéria seca em mudas de *Aniba rosaeodora*, nos diferentes níveis de sombreamentos testados. Verifica-se que a produção de matéria seca da parte aérea, radicular e total nas três procedências estudadas foi menor a pleno Sol,

e maior sob 50% de sombreamento. A baixa produção de matéria seca observada a pleno sol foi resultado da redução no crescimento em altura, diâmetro, área foliar e no número de folhas neste tratamento.

Tabela 18 - Valores médios da produção de matéria seca e relação parte aérea e sistema radicular (PA/SR), de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) de três procedências submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Procedências	Sombreamento	Parte Aérea (g)	Sistema Radicular (g)	Total (g)	PA / SR
Manicoré	0%	1,51±0,119	1,00±0,007	2,51±0,126	1,51±0,109
	30%	2,35±0,045	1,48±0,035	3,83±0,056	1,59±0,050
	50%	4,17±0,228	2,35±0,165	6,52±0,376	1,77±0,074
	70%	3,83±0,324	2,17±0,072	6,00±0,338	1,76±0,156
FLONA	0%	1,50±0,169	1,05±0,099	2,55±0,234	1,43±0,138
	30%	2,07±0,305	1,11±0,008	3,18±0,038	1,86±0,016
	50%	6,58±0,252	3,27±0,202	9,85±0,440	2,01±0,632
	70%	4,11±0,158	2,06±0,068	6,17±0,226	1,99±0,013
Curuá-una	0%	1,36±0,108	1,00±0,043	2,36±0,141	1,36±0,087
	30%	3,14±0,061	1,88±0,051	5,02±0,108	1,67±0,071
	50%	4,40±0,097	2,23±0,220	6,63±0,149	1,97±0,215
	70%	3,98±0,035	2,18±0,366	6,16±0,398	1,82±0,277

Nota: os valores numéricos constantes das colunas correspondem à média ± erro padrão.

Verifica-se ainda na Tabela 18 que o menor valor médio da relação parte aérea e sistema radicular (1,36), foi observado em mudas de pau-rosa oriundas de Curuá-Una submetidas a 0% de sombreamento, enquanto que o maior valor (2,01) ocorreu sob 50% de sombreamento para mudas coletadas na FLONA.

Estas alterações na partição de matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular têm sido normalmente observadas em plantas expostas a ambientes sombreados, ou à baixa concentração de nutrientes minerais (GRIME, 1994), isto porque, até certo ponto, todas as plantas estão aptas a modificar os padrões

básicos de partição de matéria seca, em resposta a uma específica condição ambiental (MOONEY & WINNER, 1991)

Em mudas de *Sesbania sesban*, por exemplo, submetidas a 29% de radiação fotossinteticamente ativa, a maior alocação de matéria seca foi observada no caule, enquanto que para *Cybistax antisyphilitica*, na mesma intensidade de radiação, a alocação de matéria seca foi maior nas folhas (NAVES, 1993).

Os resultados da análise de variância para a matéria seca da parte aérea e total foram significativos a 1% de probabilidade, tanto para os níveis de sombreamento quanto para as procedências e ainda para a interação entre esses dois fatores. Todavia, para a matéria seca do sistema radicular, os resultados foram significativos apenas para o sombreamento e para a interação desse com a procedência, uma vez que para as procedências os resultados foram não significativos.

O teste de comparação de médias para a produção de matéria seca do pau-rosa em função dos níveis de sombreamento (Tabela 19) revelou que os níveis de sombreamento testados apresentaram diferenças significativas entre si ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 19 - Teste de comparação de médias para a produção de matéria seca da parte aérea, radicular e total, em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Matéria Seca		
	Aérea	Sistema Radicular	Total
50%	5,01 a	2,62 a	7,63 a
70%	3,97 b	2,13 b	6,10 b
30%	2,51 c	1,49 c	4,00 c
0%	1,47 d	1,00 d	2,47 d

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Nota-se, entretanto, que a maior produção de matéria seca total (7,63 g), independente da procedência, ocorreu sob 50% de sombreamento e



a menor (2,47 g), a 0% de sombreamento. Para mudas de *Hymenaea stigonocarpa*, todavia, a maior produção de matéria seca ocorreu a 0% de sombreamento e a menor a 50% (FERREIRA et al, 1977).

Na Tabela 20 são apresentados os resultados do teste de comparação de médias apenas para a produção de matéria seca da parte aérea e total em função da procedência, independentemente do nível de sombreamento, uma vez que os resultados da análise de variância para a matéria seca da raiz não evidenciaram diferenças significativas entre as procedências. Observa-se que a média da produção de matéria seca da parte aérea e total para as mudas coletadas em Manicoré e Curuá-Una não apresentaram diferenças significativas entre si ao nível de 1% de probabilidade. A maior produção de matéria seca total (5,43 g) ocorreu para as mudas coletadas na FLONA, e a menor (4,73g) para Manicoré.

Tabela 20 - Teste de comparação de médias para a produção de matéria seca da parte aérea e total em função das procedências, em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*, Ducke) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Procedências	Matéria Seca (g)	
	Aérea	Total
FLONA	3,56 a	5,43 a
Curuá-Una	3,19 b	5,03 ab
Manicoré	2,96 b	4,71 b

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Newman Keuls a 1% de probabilidade.

Por outro lado, os resultados da análise de regressão linear para a matéria seca da parte aérea, radicular e total, em função do sombreamento apresentaram coeficientes de determinação ( $r^2$ ) altos apenas para Manicoré e Curuá-Una, o que equivale dizer que para essas duas procedências o modelo de regressão linear utilizado representou bem a relação entre a produção de matéria seca e o sombreamento, o mesmo não acontecendo para as mudas coletadas na FLONA (Tabela 21).

Tabela 21 - Análise de regressão linear ( $\ln Y = a + b(x)$ ), para produção de matéria seca (g), em função do sombreamento, em mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) obtidas em três procedências.

Procedências	Matéria Seca		
	Aérea	Radicular	Total
Manicoré	$r^2$	0,82	0,84
	F	**	**
	a	0,446513	0,957641
	b	0,014858	0,0139003
FLONA	$r^2$	0,62	0,58
	F	**	**
	a	0,411889	0,926618
	b	0,01842241	0,0165327
Curuá-Una	$r^2$	0,79	0,78
	F	**	**
	a	0,507572	1,01109
	b	0,0155216	0,0142413

Nota:  $r^2$ : coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de interseção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; \*\*  $P < 0,01$ .

Pesquisas realizadas com outras espécies arbóreas na fase juvenil têm demonstrado que o aumento do peso da matéria seca total em função do sombreamento nem sempre apresenta uma tendência linear. Em mudas de *Goupia glabra*, por exemplo, o aumento do peso da matéria seca total em

função do sombreamento mostrou uma tendência quadrática (DANIEL et al, 1994). Entretanto, para *Zeyhera tuberculosa*, todos os modelos de regressão testados foram não-significativos, indicando que, para essa espécie, a intensidade de luz não influencia na produção de matéria seca (ENGEL, 1989).

#### 4 - CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente experimento, pode-se concluir que:

- a) a alta taxa de mortalidade, bem como os padrões de resposta do crescimento em altura, diâmetro, área foliar e produção de fitomassa indicam que mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) não se adaptam a altas intensidades luminosas;
- b) o pau-rosa, na fase juvenil, revelou um comportamento típico de espécie tolerante, já que o crescimento em altura, diâmetro do colo, número de folha e área foliar, assim como a produção de matéria seca foram maiores sob 50% de sombreamento;
- c) a formação de mudas de pau-rosa em condições de viveiro requer um sombreamento de 50%, uma vez que nestas condições o crescimento inicial é maior;
- d) no que se refere às procedências de pau-rosa estudadas, apenas as mudas oriundas de Curuá-Una e FLONA, independentemente dos níveis de sombreamento testados, apresentaram diferenças em termos de crescimento inicial; sendo que a primeira apresentou um leve aumento na área foliar e a segunda exibiu um ligeiro aumento na produção de matéria seca;
- e) o comportamento favorável ao sombreamento apresentado pelo pau-rosa na fase juvenil sugere que o mesmo pode ser consorciado temporariamente com outras espécie arbóreas ou arbustivas, ou, ainda, com espécies de ciclo curto, cujas copas ofereçam níveis de luminosidade compatíveis com as exigências da espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas; noções básicas*. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 41 p.
- DANIEL, O., OHASHI, S. T., SANTOS, R.A. dos. Produção de mudas de *Goupia glabra* (cupiuba); efeito de níveis de sombreamento e tamanho de embalagens. *Revista Arvore*, Viçosa, v.18, n.1, p.1-13, 1994.
- DRUMMOND, M. A., LIMA, P. C. F. Sombreamento na produção de mudas de *Leucaena* e *Cumaru*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: SBS, 1993. v2 p 309-311.
- ENGEL, V.L. *Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essência florestais nativas, concentração de clorofilas nas folhas e aspectos de anatomia*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1989. 202p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-ESALQ/USP, 1989.
- ENGEL, V.L., POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas espécies nativas e suas implicações silviculturais. *Boletim do IPEF*, Piracicaba, n. 43/44, p. 1-10, 1990.
- FAÇANHA, J.G.V., VARELA, V. P. Influência do tamanho da semente e tipo do sombreamento na produção de mudas de *muirapiranga*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.11/12, p. 1185-1188, 1987.
- FERREIRA, M. G. das et al. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies de florestas nativas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 1, n 2, p. 121-134, 1977.
- FETCHER, B. S., M. STRAIN, B.R., OBERBAUER, S. T. Effects of light regime on the growth, leaf morphology and water relations of seedlings of two species of tropical trees. *Oecologia*, Berlin, v.58, p.314-319, 1983.
- GOMES, J. M. et al. Efeitos do sombreamento e tipos de suporte para fertil-plot na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Floresta*, Curitiba, v.10, n.1, p. 24-28, 1979.
- GRIME, J.P. The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity In: CALDWELL, M. N. (Ed.), PEARCY, R.W (Ed.) *Exploitation of environmental heterogeneity by plants; ecophysiological process above and belowground*. London: Academic Press, 1994. p.1-19.

- IGBOANUGO, A. B. Effects of shading on shoot morphology, wood production and structure of *Quercus petraea* seedlings. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 38, p.27-36, 1990.
- KOSLOWSKI, T. T. *Tree growth*. New York: Ronald Press, 1962. p.144-170
- \_\_\_\_\_, KRAMER, J., P. PALLARDY, S. G. *The physiological ecology of wood plants*. San Diego: Academic Press, 1991. 657p.
- MITJA, D., LESCURE, J. P. *Etude de la regeneration du pau-rosa*, [S.l.:s.n.], 1993. 28 p.(Datilografado).
- MOONEY, H. A., WINNEY, W. E. Partioning response of plants to stress. In: MOONEY, H. A. (Ed.) et al. *Response of plants to multiple stress*. San Diego: Academic Press, 1991. p. 129-141.
- NAVES, V. L. *Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofila, e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa*. Lavras: UFLA, 1993. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFLA, 1993.
- POGGIANI, F., BRUNI, S., BARBOSA, E. S. Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de tres species florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS 2., 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto Florestal, 1992. v.4, p. 564-569.
- REIS, G.G. et al. Crescimento e ponto de compensação lumínico em mudas de espécies florestais nativas submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v.18, n.2, p.97-106, 1994.
- ROSA, L. dos S. *Comportamento inicial da espécie Aniba rosaeodora Ducke (pau-rosa), submetida a diferentes níveis de sombreamento em condições de viveiro*. Belém: FCAP, 1996. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - FCAP, 1996.
- SCALON, S. P. Q. ALVARENGA, A. A. de. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Plastycymus regnelli* Benth). *Revista Árvore*, Viçosa, v.17, n.3, p. 265-270, 1993.
- STURION, J. A. Influência da profundidade da sementeira, cobertura dos canteiros e sombreamento, na formação de mudas de *Prunus brasiliensis* Schoot ex Spreng. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Piracicaba, n.1, p. 50-75, 1980.

STURION, J. A., IEDE, E. T. *Influência da profundidade de semeadura, cobertura do canteiro e sombreamento na formação de mudas de Ocotea porosa (Nees)*. Curitiba: EMBRAPA/URPFCS, 1982. p. 71-79 (Documentos, 10).

ZIEGENHAGEN, B., KAUSH, W. Productivity of young shaded Oaks (*Quercus robur*) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.72, p.97-108, 1995.